

(19) BUNDESREPUBLIK

DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

(12) Offenlegungsschrift

(11) E 3517772 A1

(51) Int. Cl. 4:

G01R 27/22

- (21) Aktenzeichen: P 35 17 772.1  
(22) Anmeldetag: 17. 5. 85  
(23) Offenlegungstag: 20. 11. 86

Schöndeneigentum

(71) Anmelder:

Dr. A. Kuntze GmbH & Co KG, 4000 Düsseldorf, DE

(74) Vertreter:

Sroka, P., Dipl.-Ing.; Feder, H., Dr.; Feder, W.,  
Dipl.-Phys. Dr.rer.nat., Pat.-Anw.; Walter, K.,  
Rechtsanw., 4000 Düsseldorf

(72) Erfinder:

Scheffold, Christoph, 5144 Wegberg, DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

(54) Verfahren zur Messung der elektrolytischen Leitfähigkeit von Flüssigkeiten

Ein Verfahren zur Messung der elektrolytischen Leitfähigkeit von Flüssigkeiten, in einer die zu untersuchende Flüssigkeit enthaltenden Meßzelle mit zwei in die Flüssigkeit eintauchenden, in einem vorgegebenen Abstand voneinander angeordneten Elektroden. Es wird ein Gleichstromimpuls vorgegebener Richtung, mit einer vorgegebenen zeitlichen Länge und einer vorgegebenen konstanten Stromstärke durch die Meßzelle geschickt. Während der Dauer des Gleichstromimpulses wird in vorgegebenen Zeitabständen die an der Zelle herrschende Spannung fortlaufend gemessen. Aus den gemessenen Spannungswerten wird jeweils die erste und die zweite Ableitung der Funktion des gemessenen Spannungsverlaufes in Abhängigkeit von der Zeit berechnet. Es wird dann der Spannungswert ermittelt, bei dem die erste und/oder die zweite Ableitung den Wert 0 besitzen oder gegenüber dem vorhergehenden Wert das Vorzeichen gewechselt haben. Dieser ausgewählte Spannungswert wird dem gemessenen Stromwert zugeordnet und zur Bestimmung des Leitwertes verwendet.

DE 3517772 A1

DE 3517772 A1

Patentsansprüche

1. Verfahren zur Messung der elektrolytischen Leitfähigkeit von Flüssigkeiten in einer die zu untersuchende Flüssigkeit enthaltenden Messzelle mit zwei in die Flüssigkeit eintauchenden, in einem vorgegebenen Abstand voneinander angeordneten Elektroden, bei dem der Leitwert zwischen den beiden Elektroden aufgrund einer Messung eines durch die Messzelle fließenden Gleichstroms und der zwischen den beiden Elektroden herrschenden Spannung bestimmt wird, gekennzeichnet durch folgende selbsttätig ablaufende Verfahrensschritte:
- a) es wird ein Gleichstromimpuls in vorgegebener Richtung mit einer vorgegebenen zeitlichen Länge und einer vorgegebenen konstanten Stromstärke über die beiden Elektroden (3, 4) durch die Messzelle (1) geschickt;
  - b) es wird während des Dauers des Gleichstromimpulses in vorgegebenen Zeitschritten die zwischen den beiden Elektroden (3, 4) herrschende Spannung fortlaufend gemessen und die gemessenen Spannungsverläufe selbsttätig gespeichert;
  - c) es wird für jeden der gemessenen Spannungsverläufe die erste und die zweite Ableitung der Funktion des gemessenen Spannungsverlaufs in Abhängigkeit von der Zeit selbsttätig berechnet und gespeichert;
  - d) es wird der Spannungswert ermittelt und als ausgewählter Spannungswert selbsttätig gespeichert, bei dem die erste und/oder die zweite Ableitung den Wert Null besitzen oder gegenüber dem vorangegangenen Wert das Vorzeichen gewechselt haben;
  - e) der ausgewählte Spannungswert wird mit dem gemessenen Stromwert zugeordnet und zur selbsttätigen Bestimmung des Leitwerten verwendet.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß nach Beendigung des Gleichstromimpulses ein zweiter Gleichstromimpuls nach Ablauf eines vorgegebenen Zeitintervalls mit umgekehrter Stromrichtung durch die Zelle geschickt wird.
- 5 3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der zweite Gleichstromimpuls die gleiche zeitliche Länge und die gleiche konstante Stromstärke besitzt, wie der erste Gleichstromimpuls.
- 10 4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß das Verfahren nach Anspruch 1 nach Ablauf eines vorgegebenen Zeitintervalls seit Beendigung des zentralen Gleichstromimpulses erneut durchgeführt wird.
- 15 5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß ein jeweils gemessener ausgewählter Spannungswert mit einem vorgegebenen Maximalwert und einem vorgegebenen Minimalwert der Spannung selbsttätig verglichen wird, und zur Feststellung des Leitwertes nur dann verwendet wird, wenn er innerhalb des Bereiches zwischen der Maximalwert und Minimalwert liegt, während bei einer Lage außerhalb dieses Bereiches bei der erneuten Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1 die Stromstärke des Gleichstromimpulses um einen vorgegebenen Betrag erhöht oder erniedrigt wird.
- 20 6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die neue Vorgabe des Wertes ( $I_{22}$ ) der Stromstärke selbsttätig nach folgender Formel berechnet wird:
- 25
- 30

$$I_{22} = \frac{U_{\text{max}} + U_{\text{schalt}})}{2 \cdot U_{\text{min}}}$$

wobei II der bei der vorliegenden Messung vorgegebene Stromwert ist, während U (max) der vorgegebene Maximalwert der Spannung, U (schalt) der vorgegebene Minimalwert der Spannung und U (mess) der gemessene ausgewählte Spannungswert ist.

- 5 7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß ein jeweils neu vorgegebener Stromwert mit einem vorgegebenen Maximalwert und einem vorgegebenen Minimalwert des Stromes selbstständig verglichen wird und nur dann durch die Messzelle geschickt wird, wenn er innerhalb des Bereiches zwischen dem Maximalwert und dem Minimalwert liegt, während bei einer Lage außerhalb dieses Bereiches eine Stromstärke vorgegeben wird, die der Maximalwert oder der Minimalwert selbst entspricht.
- 10 8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß nach Vorgang des Maximalwerts oder des Minimalwertes für die Stromstärke der gemessene ausgewählte Spannungswert selbstständig mit dem vorgegebenen Maximalwert und einer vorgegebenen Minimalwert für die Spannung verglichen wird, und eine Störungsfeldung ausgelöst wird, wenn das gemessene Wert außerhalb des Bereiches zwischen der Maximalwert und dem Minimalwert liegt.
- 15 9. Einrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 8 mit einer Messzelle zur Aufnahme der zu untersuchenden Flüssigkeit in der zwei Elektroden in vorgegebenem Abstand voneinander angeordnet sind, dadurch gekennzeichnet, daß sie einen Mikrocomputer (2) enthalten, der mit einer austauschbaren Konstantstromquelle (1) zur Abgabe von Gleichstromimpulsen vorgegebener Dauer, vorgegebener zeitlicher
- 20 25 30

17.05.88

3517772

Länge und vorgegebener Stromstärke verbunden ist deren Ausgänge mit den Elektroden (3, 4) der Messzelle (1) verbunden sind und den Elektroden (3, 4) ein Spannungsmesskreis parallel geschaltet ist, der über einen Messverstärker (7) und einen Analog-Digital-Wandler (8) mit dem Mikrocomputer (2) verbunden ist.

BAD ORIGINAL

5  
10 000 000  
DIPL.-INC. P.-C. ROKA, DR. H. FEDER, DIPL.-PHYS. OR.  
PATENTANWÄLTE & EUROPEAN PATENT ATTORNEYS

W 3517772

KLAUS O. WALTER  
RECHTSANWALT

DOMINIKANERSTR. 37, POSTFACH 111038  
D-4000 DÜSSELDORF 11  
TELEFON (0211) 574022  
TELEX 8584550

DEN

IHR ZEICHEN:

MEIN ZEICHEN:

Dr. A. Kuntze GmbH & Co. KG  
Viersener Str. 1-11  
4000 Düsseldorf 11

5

Vorfahren zur Messung der elektrolytischen Leitfähigkeit von Flüssigkeiten

=====

10

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Messung der elektrolytischen Leitfähigkeit von Flüssigkeiten in einer die zu untersuchende Flüssigkeit enthaltenden Messzelle mit zwei in die Flüssigkeit eintauchenden, in einem vorgegebenen Abstand voneinander angeordneten Elektroden, bei dem

15 der Leitwert zwischen den beiden Elektroden aufgrund einer Messung eines durch die Messzelle fließenden Gleichstroms und der zwischen den beiden Elektroden vorliegenden Spannung bestimmt wird.

20

Bei bisher bekannten Verfahren zur Messung der elektrolytischen Leitfähigkeit von Flüssigkeiten wird im allgemeinen an die Elektroden der Messzelle eine sinusförmige Wechselspannung angelegt und der durch die Messzelle

- 5 fließende Wechselstrom gemessen. Aus den gemessenen Werten für Strom und Spannung kann dann in bekannter Weise die Leitfähigkeit oder der Widerstand ermittelt werden. Diese bekannten Verfahren sind aber durch einige physikalisch bedingte Fehlerquellen beeinträchtigt. Je nach der Leitfähigkeit des untersuchten Elektrolyten müssen unterschiedliche Messfrequenzen und/oder Messspannungen eingestellt werden. Durch Variation dieser Parameter versucht man Messfehler, die durch die Polarisation und die Kapazität der Messzelle so wie durch die Parallelkapazitäten der Zuleitungskabel verursacht werden, in Grenzen zu halten. Die Einstellung dieser Parameter ist aber nur jeweils für einen sehr engen Messbereich optimal. Ein weiterer Nachteil der bekannten Verfahren besteht darin, daß das als sinusförmiger Wechselstrom vorliegende Signal zur weiteren Verarbeitung bei der eine Gleichspannung benötigt wird, gleich gerichtet werden muß. Hierbei spielt der Klirrfaktor eine große, die Messgenauigkeit beeinträchtigende Rolle.
- 25 Eine Messung mit Gleichspannung hätte den Vorteil, daß die Parallelkapazität der Kabel, die Kapazität der Messzelle und der Klirrfaktor keine Fehlerquellen mehr darstellen. Durch die nach kurzer Zeit einsetzende Polarisation an der Messzelle durch das Anlegen der Gleichspannung ist aber ein solches Verfahren nicht ohne weiteres brauchbar.

- 30 Die der Erfindung zugrunde liegende Aufgabe bestand darin, ein Verfahren zur Messung der elektrolytischen Leitfähigkeit von Flüssigkeiten der eingangs angegebenem Art so zu verbessern, daß die durch die Polarisation der Messzelle auftretenden Fehler der Messung mit Gleichspannung ver-

mieden werden, andererseits aber auch die der Messung mit Wechselspannung anhaftenden Nachteile nicht auftreten.

Die Lösung dieser Aufgabe geschieht erfindungsgemäß mit

- 5 den Merkmalen aus dem kennzeichnenden Teil des Patentanspruchs 1. Vorteilhafte Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Verfahrens sind in den Patentansprüchen 2 bis 8 beschrieben. Patentanspruch 9 beschreibt eine Einrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens.

10

Die Erfindung geht von der Erkenntnis aus, daß beim Anlegen einer Gleichspannung an die Messzelle die Polarisation erst nach Ablauf einer gewissen Zeit einsetzt. Beim Beaufschlagen der Messzelle mit einem Gleichstrom hat die an

- 15 den Elektroden der Messzelle abgenommene Spannung aufgrund der vorhandenen Kapazitäten und der damit verbundenen Umladungsvorgänge einerseits und das verzögerte Einsetzen der Polarisation andererseits einen bestimmten zeitlichen Verlauf. Bei der Durchführung des erfindungsgemäßen Ver-

- 20 fahrens wird von der Tatsache Gebrauch gemacht, daß nach dem Beaufschlagen der Messzelle mit dem Stromimpuls zunächst die Umladevorgänge ablaufen und dann nach einer gewissen Zeit auch die Polarisation einsetzt. Es kommt daher bei der Durchführung des Messverfahrens darauf an, im

- 25 zeitlichen Verlauf der Spannungswerte an den Elektroden den Zeitpunkt herauszusuchen an dem die Umladungsvorgänge ganz oder nahezu beendet sind, die Polarisation dagegen noch nicht bzw. gerade erst begonnen hat. Der zu diesem Zeitpunkt gemessene Spannungswert ist in optimaler Weise

- 30 zur Berechnung der Leitfähigkeit geeignet. Das erfindungsgemäße Verfahren dient dazu, diesen Spannungswert automatisch zu ermitteln. Dies kann z.B. in der Weise geschehen, daß die die Erfindung kennzeichnenden selbsttätig ablaufenden Verfahrensschritte von einem Mikroprozessor aus ge-

35 steuert durchgeführt werden.

Das erfindungsgemäße Verfahren kann in besonders günstiger Weise zur automatischen Durchführung fortlaufender in vorgegebenen Zeitabständen durchgeföhrter Messungen der elektrischen Leitfähigkeit von Flüssigkeiten eingesetzt werden, so daß eine fortlaufende Überwachung eines Elektrolyten möglich ist. Hierzu sind vor allem die Merkmale der Patentansprüche 2 bis 4 von Bedeutung. Schließlich ist es auch leicht möglich, daß erfindungsgemäße Verfahren so zu steuern, daß jeweils in Bezug auf die verwendete Messapparatur und die Eigenschaften der zu untersuchenden Flüssigkeiten mit optimalen Strom- und Spannungswerten gearbeitet wird, die eine hohe Messgenauigkeit garantieren. Für diese Ausführungsform des Verfahrens sind vor allem die Patentansprüche 5 bis 9 von Bedeutung, die die Optimalisierung des Verfahrens auf vorgegebene Strom- und Spannungswerte betreffen.

Im folgenden werden anhand der beigefügten Zeichnungen Ausführungsbeispiele für das erfindungsgemäße Verfahren und eine Einrichtung zur Durchführung des Verfahrens näher erläutert.

In den Zeichnungen zeigen:

- Fig. 1 in einem stark schematisierten Schaltbild eine Einrichtung zur Durchführung eines Verfahrens zur Messung der Leitfähigkeit einer Flüssigkeit;
- Fig. 2a und 2b den Strom- bzw. Spannungsverlauf in Abhängigkeit von der Zeit bei der Durchführung des Verfahrens mit der Vorrichtung nach Fig. 1;
- Fig. 3a und 3b den Strom- bzw. Spannungsverlauf bei einer Variante des Verfahrens mit Optimalisierung der Strom- und Spannungswerte.

In Fig. 1 ist eine Einrichtung dargestellt, die zur Durchführung eines Verfahrens zur Messung der elektrolytischen Leitfähigkeit von Flüssigkeiten geeignet ist. Dabei sind

nur die für die Erläuterung des Messverfahrens wichtigen Teile der Einrichtung schematisch dargestellt.

- In einer Messzelle 1 die die zu untersuchende Flüssigkeit enthält, sind einander in einem vorgegebenen Abstand gegenüberliegende Elektroden 3 und 4 angeordnet, zwischen denen der über die Flüssigkeit gemessene Leitwert bestimmt werden soll. Kernstück der Einrichtung ist ein Mikrocomputer 2 der sämtliche Messvorgänge selbsttätig steuert.
- Der Mikrocomputer 2 steuert über einen Digital-Analog-Wandler 5 eine ansteuerbare Konstantstromquelle 6, mit der Gleichstromimpulse vorgegebener Richtung, vorgegebener zeitlicher Länge und einer vorgegebenen konstanten Stromstärke erzeugt werden können, die über die Elektroden 3 und 4 durch die Messzelle 1 geschickt werden. Parallel zu den Elektroden 3 und 4 ist ein Spannungsmesskreis geschaltet, von dem die an den Elektroden herrschende Spannung abgenommen wird, deren Wert über einen Messverstärker 7 und einen Analog-Digital-Wandler 8 dem Mikrocomputer 2 zugeführt wird. Sämtliche Steuer-, Speicher- und Rechenvorgänge laufen im Mikrocomputer 2 ab.

Da die Leitfähigkeit einer Flüssigkeit stark temperaturabhängig ist, und die gemessenen Werte auf bestimmte Temperaturen bezogen werden müssen, ist in an sich bekannter Weise in der Messzelle 1 zusätzlich ein Widerstandsthermometer 9 angeordnet, dessen Bezeichnung Pt 100 darauf hinweist, daß es sich um ein Platinalelement handelt, das bei 0 °C einen Widerstand von 100 ohm aufweist. Zur Messung der Temperatur wird von einer Konstantstromquelle 10 aus ein Strom durch das Element 9 geschickt und die an den Enden des Elementes liegende Spannung abgenommen, deren Wert über einen Messverstärker 11 und einen Analog-Digital-Wandler 12 ebenfalls dem Mikrocomputer 2 zugeführt wird, so die Werte in an sich bekannter und im folgenden nicht näher dargestellter Weise mit verarbeitet werden.

Das Verfahren zur Messung der Leitfähigkeit zwischen den Elektroden 3 und 4 läuft grundsätzlich in einer Weise ab, die anhand von Fig. 2a und Fig. 2b dargestellt wird.

- 5 In Fig. 2a ist der zeitliche Verlauf von durch die Messzelle 1 geschickten Stromimpulsen dargestellt. Darunter ist in Fig. 2b der an den Elektroden 3 und 4 abgenommene entsprechende Spannungsverlauf dargestellt. Fig. 2a und Fig. 2b sind so übereinander angeordnet, daß die einander 10 entsprechenden Zeitwerte an einer unterhalb der Figuren 2a und 2b angeordneten Zeitskala ZSK abgelesen werden können, die in beliebigen Zeiteinheiten geeicht ist.

Zum Zeitpunkt  $t = 0$  wird die Messzelle 1 mit einem Strom-  
15 impuls in Rechteckform beaufschlagt, was zu einem in Fig. 2b dargestellten Spannungsverlauf an den Elektroden 3 und 4 führt. Die Spannungswerte an den Elektroden 3 und 4 werden vom Mikrocomputer 2 aus in vorgegebenen Zeitabständen 20 die in Fig. 2b mit  $n$ ,  $n + 1$  usw. bezeichnet sind, abgetastet. In Fig. 2b sind über den Verlauf einer Impulslänge fünf derartige Zeitintervalle aufgetragen, zur Verdeutlichung der grundsätzlichen Verfahrensweise. Selbstverständlich kann in der Praxis die Impulslänge in wesentlich kleinere Zeitintervalle aufgeteilt werden. Aus dem zu den 25 Zeitpunkten 1, 2 usw. abgenommenen und gespeicherten Spannungswerten werden im Mikrocomputer 2 Differenzen gebildet und zu jedem gemessenen Spannungswert wird die erste und die zweite Ableitung der Funktion des gemessenen Spannungsverlaufs in Abhängigkeit von der Zeit berechnet und 30 ebenfalls gespeichert. Es wird nun davon ausgegangen, daß der optimale Punkt des Spannungsverlaufs der den Spannungswert liefert, der zur Berechnung des Leitwertes am besten geeignet ist, und der im folgenden als "ausgewählter Spannungswert" bezeichnet wird dann erreicht ist, wenn 35 die in Fig. 2b dargestellte Kurve für den Spannungsverlauf

entweder ein relatives Maximum (erste Ableitung = 0) oder einen Wendepunkt (zweite Ableitung = 0) aufweist. Zu diesem Zeitpunkt kann man davon ausgehen, daß an der Messzelle kurzzeitig ein statischer Zustand vorliegt, d.h.

5 alle Kapazitäten sind aufgeladen und die Polarisation hat noch nicht bzw. gerade erst eingesetzt. Bei der Darstellung bei Fig. 2b wäre dieser Punkt beim Zeitwert  $t = 4$  erreicht.

10 Der zu diesem Zeitpunkt gemessene ausgewählte Spannungswert wird gespeichert, und kann entweder direkt zur Bestimmung des Leitwertes verwendet werden oder er wird zunächst im Rahmen eines weiter unten erläuterten Optimierungsv erfahrens für die Strom- und Spannungswerte weiter verarbeitet.

Die Dauer des in Fig. 2b zum Zeitpunkt  $t = 5$  endenden Stromimpulses ist im Mikrocomputer 2 gespeichert. Nach einem vorgegebenen Zeitintervall ( $t = 5$  bis  $t = 7$ ), in dem 20 die Stromstärke "Null" vorgegeben wird, um eine Rückführung der Spannungswerte auf den Anfangswert zu erreichen (Fig. 2b), wird die Stromrichtung umgekehrt. Nach Umkehrung der Stromrichtung wird die Messzelle 1 mit einem negativen Stromimpuls der gleichen Dauer und der gleichen 25 Stromstärke beaufschlagt. Nach diesem negativen Stromimpuls der zum Rückgängigmachen der erfolgten Umladungs- und Polarisationsvorgänge dient, ist der Messzyklus abgeschlossen. Nach einer beliebig wählbaren Zeitspanne kann 30 der Messzyklus in der oben beschriebenen Weise wiederholt werden. Dabei kann während des nächsten Messzyklus der Stromimpuls die gleiche zeitliche Länge und auch die gleiche konstante Stromstärke aufweisen, wie der Stromimpuls bei dem vorhergehenden Messzyklus. Es kann aber auch ein Stromimpuls vorgegeben werden, der eine andere zeitliche Länge und/oder eine andere Stromstärke aufweist 35 als der Stromimpuls im vorhergehenden Messzyklus. Dies

ist insbesondere dann wichtig, wenn ein Verfahren zur Optimalisierung der Strom- und Spannungswerte durchgeführt werden soll, um eine Leitfähigkeitsmessung in einem im Hinblick auf die Eigenschaften der Messeinrichtung und 5 der zu untersuchenden Flüssigkeit besonders günstigen Bereich der vorzugebenden Stromwerte und der zu messenden Spannungswerte durchzuführen.

Dieses Optimalisierungsverfahren wird im folgenden anhand 10 der Fig. 3a und 3b näher erläutert.

In den Fig. 3a und 3b sind zwei Messzyklen dargestellt, bei denen jeweils Stromimpulse unterschiedlicher zeitlicher Länge und unterschiedlicher Stromstärke vorgegeben 15 sind. Fig. 3b zeigt den an der Messzelle 1 abgenommenen zu diesen Stromimpulsen gehörenden zeitlichen Spannungsverlauf. Unterhalb der Fig. 3a und 3b ist wiederum eine Zeitskala ZSK mit beliebigen Zeiteinheiten angeordnet. Die Stromwerte sind in/u A die Spannungswerte in mV 20 angegeben. Selbstverständlich sind diese Werte nur beispielhaft zu verstehen.

Es sind in Abhängigkeit von den Eigenschaften der verwendeten Messapparatur und den Eigenschaften der zu untersuchenden Flüssigkeit insgesamt fünf feste Werte vorgegeben, nämlich ein Maximalwert I (max) und ein Minimalwert I (min) für die Stromstärke. Die Stromstärke der vorgegebenen Stromimpulse soll immer zwischen diesen beiden Grenzwerten liegen. 25

Weiterhin ist vorgegeben, ein Maximalwert U (max) und ein Minimalwert U (min) für die zu messende Spannung. Diese beiden Werte sollen keinesfalls über- bzw. unterschritten werden. Schließlich ist vorgegeben, ein zweiter Minimalwert der Spannung der mit U (Schalt) bezeichnet ist. Das 35 Optimalisierungsverfahren soll nun so ablaufen, daß bei

Durchführung der eigentlichen Messung der ausgewählte Spannungswert, der zur Berechnung der Leitfähigkeit verwendet werden soll, möglichst im Bereich zwischen U (max) und U (Schalt) liegt.

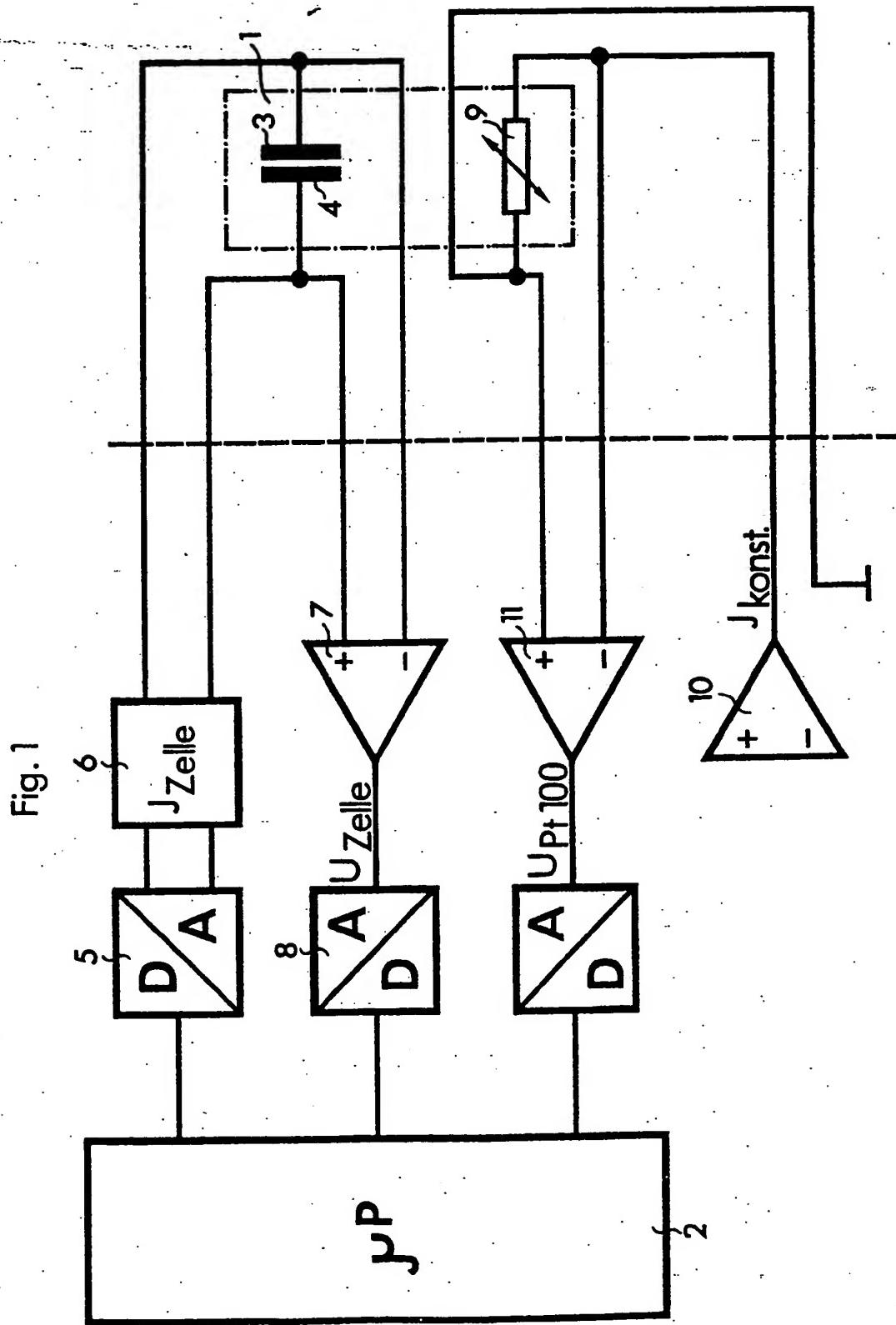
- 5 Es wird nun in der oben beschriebenen Weise ein erster Messzyklus durchgeführt, in dem die Messzelle 1 zunächst mit einem positiven Stromimpuls beaufschlagt wird, der beispielsweise wie in Fig. 3a dargestellt, eine zeitliche Länge von  $t = 3$  und eine Stärke von 10 u A haben soll.  
10 Der in Fig. 3b dargestellte Spannungsverlauf zeigt, daß die an den Elektroden 3 und 4 abgenommene Spannung innerhalb der vorgegebenen Spannung U (Schalt) liegt. Es wird daher nach Abschluß dieses Messzyklus zum Zeitpunkt  $t = 15$  ein neuer Messzyklus ausgelöst, bei dem die Stromstärke des vorgegebenen Stromimpulses erhöht ist. Die Berechnung des Stroms für den Stromimpuls erfolgt nach der Formel:
- 15

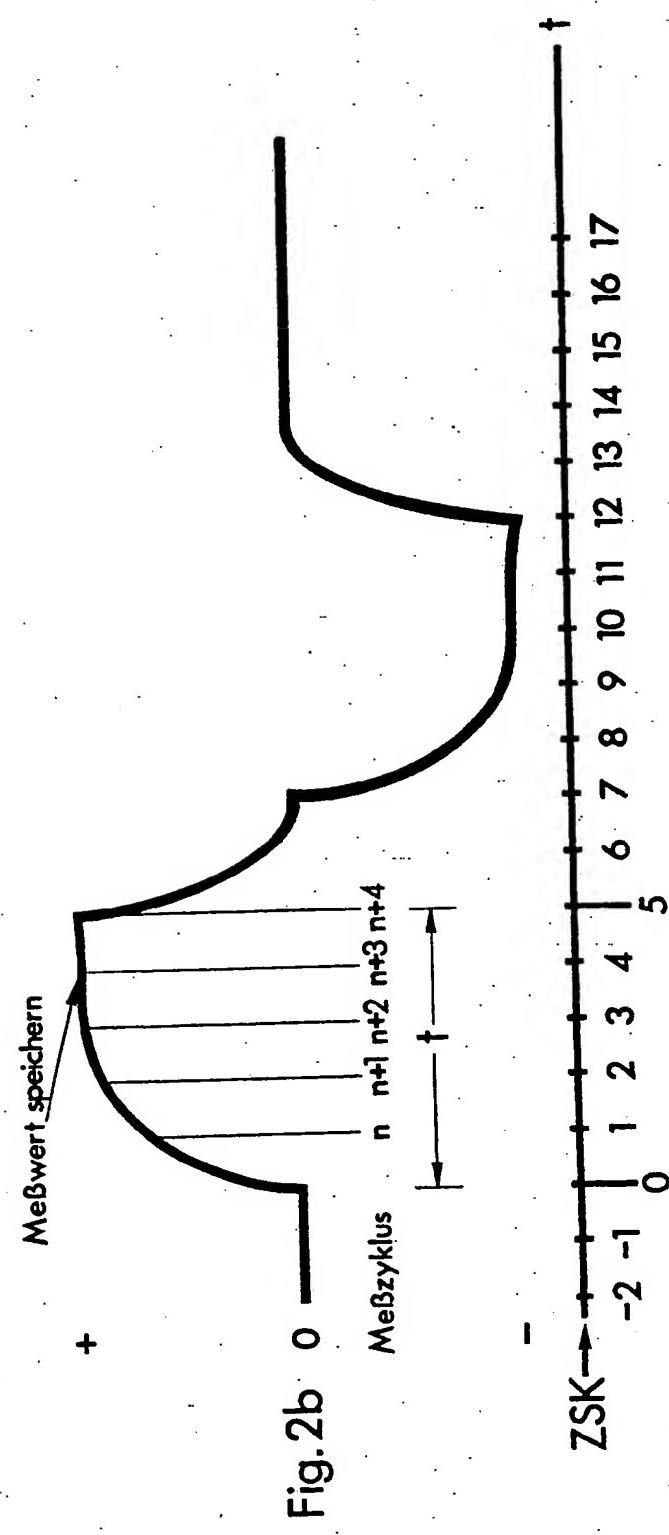
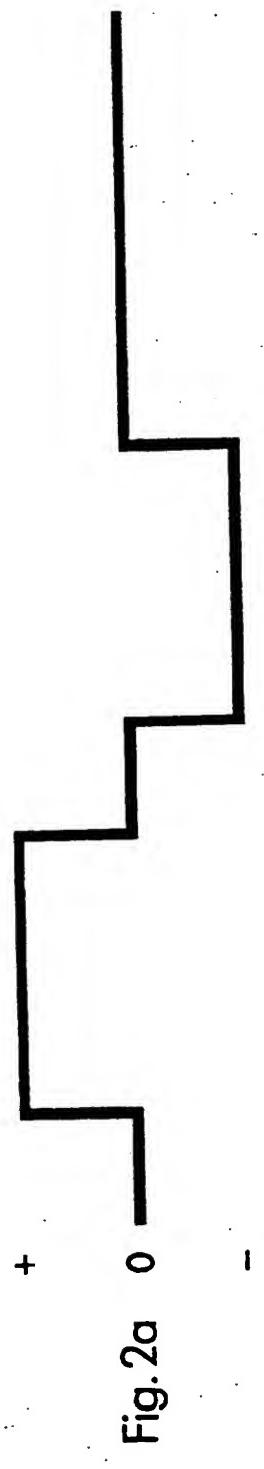
$$I_2 = \frac{(U_{\text{max}} + U_{\text{Schalt}})}{2 \cdot U_{\text{mess}}} \cdot I_1$$

- 20 Dabei ist  $I_2$  die neue Stromvorgabe,  $I_1$  die vorhergehende Stromvorgabe, und  $U_{\text{mess}}$  der beim vorhergehenden Zyklus gemessene "ausgewählte Spannungswert".  
25

- 20 Mit dem neuen Vorgabewert  $I_2$  wird der von  $t = 15$  bis  $t = 20$  dauernde weitere Messzyklus durchgeführt. Zum Zeitpunkt  $t = 19$  erkennt der Mikrocomputer, daß die an den Elektroden 3 und 4 gemessene Spannung innerhalb des Bereiches U (max) und U (Schalt) liegt. Dies bedeutet, daß der während dieses Messzyklus gemessene ausgewählte Spannungswert bereits zur Berechnung des Leitwertes verwendet 35 werden kann.

Bei der Durchführung des oben beschriebenen Optimierungsverfahrens nach der oben angegebenen Formel muß natürlich zunächst ebenfalls vom Mikrocomputer überprüft werden, ob der berechnete Vorgabewert für die Stromstärke 5 für den nächsten Messzyklus zwischen  $I_{(\max)}$  und  $I_{(\min)}$  liegt. Bei einem Überschreiten dieses Bereiches wird jeweils der Grenzwert  $I_{(\max)}$  oder  $I_{(\min)}$  als Stromstärke 10 für den Stromimpuls vorgegeben. Falls mit diesem Vorgabewert die Messspannung beim nächsten Messzyklus größer als 15  $U_{(\max)}$  oder kleiner als  $U_{(\min)}$  ist, so wird dies durch eine Störmeldung signalisiert, weil dann der Messwert außerhalb des Messbereiches liegt. Liegt dagegen die Messspannung im Bereich zwischen  $U_{(\text{Schalt})}$  und  $U_{(\min)}$  und es ergibt sich, daß Werte zwischen  $U_{(\max)}$  und  $U_{(\text{Schalt})}$  nicht zu erreichen sind, so kann grundsätzlich ein Messzyklus durchgeführt werden, solange die Messspannungen nicht unter den Wert  $U_{(\min)}$  sinkt.





3517772

Fig. 3a

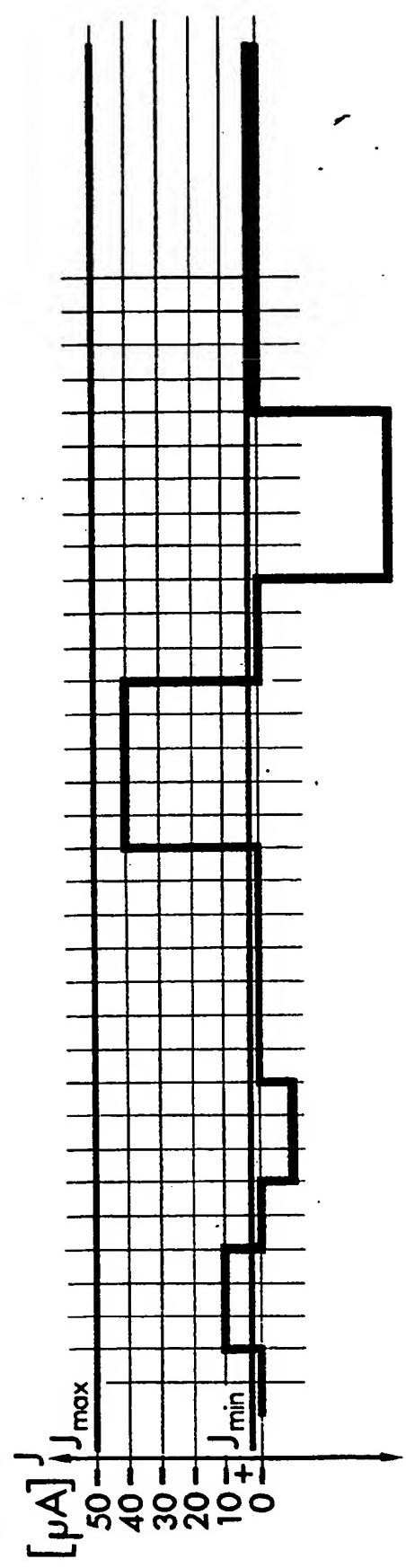


Fig. 3b

